

Avaliação cinética e cinemática da marcha de adultos do sexo masculino

Tae Mo Chung*

RESUMO

A avaliação cinética e cinemática da marcha de 44 voluntários adultos do sexo masculino, com idades entre 18 e 40 anos, sem lesões no sistema musculoesquelético, foi realizada pelo sistema computadorizado tridimensional *Motion Analysis*. Foram selecionados os dados relativos a seis percursos de cada indivíduo, em que se podia observar cada pé efetuar isoladamente o apoio completo na plataforma de força com sincronia de movimento. O padrão de marcha desse grupo foi caracterizado por uma velocidade média de 116,46 cm/s \pm 9,43 cm/s no membro inferior direito e 116,61 cm/s \pm 9,81 cm/s no membro inferior esquerdo, diferenças que não foram estatisticamente significantes. Observou-se uma correlação direta existente entre o comprimento do passo e da passada com o comprimento dos membros inferiores, assim como entre a velocidade da caminhada e o comprimento da passada. Não houve diferença significativa entre os dados cinéticos e cinemáticos obtidos e aqueles relatados na literatura, exceto quanto ao parâmetro velocidade de caminhada, que foi menor.

UNITERMOS

Análise de marcha, Cinética, Cinemática, Padrões normais

SUMMARY

Kinetic and kinematic evaluation of male adults gait

A three-dimensional analysis of kinetic and kinematic gait parameters of 44 adult male volunteers between the ages of 18 and 40 years, without lesions of the musculoskeletal system was performed by using the computerized Motion Analysis system. The data were taken from six selected walks of each individual in which each foot could be observed stepping separately on the force plate platform with synchronized body movements. The average velocity was 116.46 cm/s \pm 9.43 cm/s at the right lower limb and 116.61 cm/s \pm 9.81 cm/s at the left lower limb, with differences not statistically significant. A close correlation was observed between the step length and stride length versus the length of the limb, as well as, the gait velocity versus the length of the stride. There was no significant difference between our kinetic and kinematic data and those reported in the literature, except for the velocity of the gait, which was slow.

KEYWORDS

Gait analysis, Kinetic, Kinematic, Standards

Introdução

A marcha é um fenômeno complexo que requer a repetição de movimentos coordenados dos membros para locomover o corpo. Para descrevê-la do ponto de vista da biomecânica, utilizamos parâmetros comumente expressos como complexos de ondas que, por sua vez, interagem entre si, criando uma multiplicidade de padrões e variantes.

* Médico fisiatra da Divisão de Medicina de Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Endereço para correspondência:

Rua Diderot, 43, Vila Mariana – CEP 04116-030 – São Paulo, SP

Para cada uma dessas variáveis, têm sido aceitos, na literatura, padrões normais de referência empregados em pesquisas e na prática clínica. Tais padrões descrevem as diferenças observadas em pessoas consideradas normais, quanto à evolução da marcha com relação à velocidade da caminhada, sexo, idade, etc. Esse fato certamente tem contribuído para que não haja um padrão normal de marcha universalmente válido, que possa ser extrapolado para o estudo de qualquer população. Costuma-se, então, aceitar a existência de um padrão normal de marcha para determinada população, sob determinadas condições.

Ademais, outros fatores levam a uma diferenciação dos padrões fornecidos pelos diferentes laboratórios. Aspectos técnicos da análise da marcha como a grande variação angular da articulação devido à variabilidade do posicionamento dos marcadores, causada pela falta de critérios internacionais rigorosos de padronização, são importantes nesse sentido, bem como a multiplicidade de equipamentos de diferentes fabricantes e a falta de treinamento adequado dos profissionais dos laboratórios de movimento. Acrescente-se que fatores relacionados ao indivíduo como o biótipo, sexo, idade, etc. também dificultam a determinação do padrão normal de marcha.

Portanto, torna-se evidente que é necessária a criação de bancos de dados com registros dos padrões normais de cada população, com diferentes tipos de equipamentos, o que poderá possibilitar, no futuro, a avaliação mais exata do grau de disfunção da marcha provocada pelas diversas afecções centrais ou periféricas que acometem o aparelho locomotor e o desenvolvimento de próteses e órteses mais funcionais.

Casuística

Foi avaliado um grupo de 44 voluntários adultos, do sexo masculino, com idades entre 18 e 40 anos, sem história prévia de afecção do sistema musculoesquelético.

A seleção dos voluntários foi realizada por entrevista e história clínica detalhadas.

Foram realizados exame neurológico (afastando distúrbios de coordenação, equilíbrio, discriminação tátil e propriocepção) e exame musculoesquelético, no intuito de detectar processos algícos que poderiam ser exacerbados durante a realização dos testes de amplitude de movimento articular dos membros e da coluna, bem como de diagnosticar alterações morfológicas significativas como desvios importantes da coluna vertebral ou ainda discrepância do comprimento dos membros inferiores. Os pés foram avaliados com o auxílio do podoscópio.

Foram excluídos os indivíduos que praticavam marcha atlética, os militares e aqueles que apresentavam queixa dolorosa intensa na coluna ou nos membros inferiores, bem como os portadores de lesões de partes moles que pudessem interferir na sua marcha.

O grau de atividade física dos indivíduos foi classificado em:

- sedentarismo: se os indivíduos praticassem atividade física apenas ocasionalmente;
- atividade moderada: se os indivíduos praticassem até três vezes por semana;
- atividade intensa: se os indivíduos praticassem mais de três vezes por semana.

A estatística descritiva dos parâmetros peso, altura, idade e comprimento dos membros inferiores está representada na tabela 1.

Métodos

Equipamentos

Foram utilizadas duas plataformas de força, para medição da força de reação do solo, sincronizadas com seis câmeras de vídeo que emitem luz própria infravermelha, com sistema estroboscópico, na frequência média de 60 Hz.

As plataformas de força modelo OR6-7-1000 foram adquiridas da companhia *Advanced Mechanical Technology Inc.* (Watertown, Massachusetts, EUA).

Tabela 1
Estatística descritiva dos parâmetros idade (anos), peso (kg), altura (cm), comprimento dos MMII e dos pés (CM)

	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	MID (cm)	MIE (cm)	Comp. dos pés (cm)
X	27	70,9	172,3	84,4	84,5	26
DP	6,35	10,26	7,21	5,24	5,23	1,25
Máx	40	95,7	188	94	93,5	29,3
Mín	18	49	158	71,5	71	23,5
CV	0,23	0,14	0,04	0,06	0,06	0,05

MID = membro inferior direito; MIE = membro inferior esquerdo; Comp. = comprimento; X = média; DP = desvio-padrão; Máx = máximo; Mín = mínimo; CV = coeficiente de variação.

As câmeras de vídeo do sistema *Expert Vision*, marca COHU®, modelo 4.915, interligadas ao sistema de computadores, foram adquiridas da companhia *Motion Analysis Corporation* (Santa Rosa, Califórnia, EUA). Utilizamos seis câmeras; quatro dispostas em cada vértice do laboratório equipadas com lentes de 8 mm e as demais posicionadas na parte média de cada lado, com lentes de grande angular, 4,8 mm.

O laboratório de aquisição era composto por uma sala de 4,70 m x 14 m, com área de aquisição de aproximadamente 0,80 m de largura por 4 m de comprimento, centralizada no meio da sala.

Técnica de exame

O exame foi baseado, inicialmente, na colocação de 21 pequenos marcadores (2 cm de diâmetro e 4,1 g de peso) reflexivos de infravermelho, em pontos predeterminados, pelo método *Helen Hayes*.

O sistema de marcação *Helen Hayes*, desenvolvido por Kadaba et al. (Centro de Pesquisa de Engenharia Ortopédica do Hospital Helen Hayes, West Haverstraw, New York, EUA) foi selecionado porque proporciona uma redução do tempo de permanência exigido do paciente no laboratório. Esse método é baseado na palpação de pontos anatômicos estratégicos que delimitam os eixos internos dos segmentos do corpo: ombros (acrômio), cotovelo (epicôndilo lateral), punho (região dorsal), pelve (espinha ilíaca ântero-superior), sacro (promontório), joelho (côndilo lateral), tornozelo (maléolo lateral), calcâneo (tendão de Aquiles), pé (região dorsal de 1^o e 2^o metatarsos), coxa (face lateral e ponto médio entre a articulação quadril e joelho) e perna (borda lateral, terço médio entre a articulação do joelho e do tornozelo). Nos últimos quatro pontos, os marcadores foram acoplados a uma haste de 10 cm que, por sua vez, foi fixada no corpo por meio de elásticos, de forma que se pudesse medir o ângulo de rotação.

Em seguida, foi solicitado ao indivíduo que deambulasse naturalmente, na sua velocidade usual, em linha reta, em uma pista de 10 cm, que continha duas plataformas de força acopladas

Essas deambulações foram filmadas simultaneamente pelas seis câmeras e processadas pelo computador. O examinador selecionava então, seis percursos ao longo da plataforma em que se podia observar cada pé efetuar isoladamente o apoio completo na plataforma de força, com sincronia de movimentos de marcha.

Análise estatística

O teste *t* de *Student* foi empregado para comparar os resultados das análises dos membros inferiores e a análise de variância (ANOVA), para

os resultados obtidos pelos indivíduos conforme o grau de atividade física que realizavam. O nível de 5% ($p < 0,05$) foi considerado estatisticamente significativo.

Para estabelecer a correlação entre as variáveis antropométricas e as variáveis temporoespaciais foi utilizada a correlação de *Pearson*.

Resultados

Os valores (média e desvio-padrão) dos picos correspondentes aos parâmetros angulares, momentos, potências articulares e força de reação do solo estão apresentados nas tabelas 2 e 3.

A descrição dos resultados das variáveis temporoespaciais relativas a ambos os membros pode ser observada nas tabelas 4 e 5.

Os resultados da análise das variáveis temporoespaciais dos membros inferiores direito e esquerdo estão na tabela 6, cuja observação mostra que não houve diferenças estatisticamente significantes entre essas medidas.

Analisando-se a tabela 7, verifica-se que o comprimento da passada e do passo correlacionam-se com o comprimento do membro inferior. Quanto maior o comprimento do membro inferior, maior o comprimento da passada e do passo.

Os resultados obtidos de acordo com o grau de atividade física, pela análise de variância (ANOVA), nos três grupos de indivíduos estão na tabela 8, na qual se verifica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Nas tabelas 9 e 10, podem ser observadas as correlações entre as variáveis antropométricas e temporoespaciais dos membros inferiores esquerdo e direito.

Nas tabelas 11 e 12, podem ser observados a média e o desvio-padrão do coeficiente de variação das variáveis temporoespaciais referentes às caminhadas realizadas pelo mesmo indivíduo.

Discussão

Diversos estudos bem conduzidos foram realizados para avaliar, ou melhor, para determinar o padrão normal da marcha em diferentes condições. Todavia, não há relato de nenhum estudo comparativo controlado, utilizando a mesma metodologia em diferentes populações.

De fato, é difícil comparar, do ponto de vista estatístico, os resultados obtidos nos três principais estudos descritos na literatura sobre a influência da idade nas variáveis temporoespaciais da marcha (Murray et al., 1967; Sutherland et al., 1988; Öberg et al., 1993), pois cada autor

Tabela 2
Valores dos picos angulares (graus), dos momentos articulares (nm/kg) e das potências articulares (w/kg) dos 44 indivíduos

	Planos	Torn	Torn	Joelho	Joelho	Quadril	Quadril
Pico angular	Coronal	1,51 (1,76) (Sup)	-0,55 (0,88) (Pron)	5,68 (5,35) (Abd)	-1,24 (3,33) (Ad)	4,66 (1,94) (Ad)	-7,54 (2,70) (Abd)
	Sagital	17,0 (5,06) (Fl plant)	5,5 (3,68) (Dorsiflexão)	0,8 (4,28) (Ext)	59,2 (5,63) (Fl)	10,2 (6,47) (Ext)	32,1 (7,27) (Fl)
	Transversal	4,85 (6,87) (Rot int)	-9,73 (6,15) (Rot ext)	8,28 (-6,92) (Rot int)	-8,34 (7,89) (Rot ext)	6,09 (6,28) (Rot int)	-15,39 (6,95) (Rot ext)
Pico de momento	Coronal	0,06 (0,06) (Ad)	-0,13 (0,08) (Abd)	0,42 (0,21) (Ad)	-0,06 (0,04) (Abd)	0,68 (0,25) (Abd)	-0,09 (0,05) (Ad)
	Sagital	1,65 (0,55) (Fl plant)	-0,04 (0,04) (Dorsiflexão)	0,35 (0,22) (Ext)	-0,51 (0,20) (Fl)	0,89 (0,28) (Ext)	-0,70 (0,24) (Fl)
	Transversal	0,25 (0,11) (Rot ext)	-0,06 (0,06) (Rot int)	0,06 (0,06) (Rot ext)	-0,24 (0,10) (Rot int)	0,16 (0,09) (Rot ext)	-0,22 (0,09) (Rot int)
Pico de potência	Sagital	2,19 (0,95) (Ger)	-1,00 (0,42) (Abs)	0,75 (0,32) (Ger)	-0,92 (0,27) (Abs)	1,02 (0,40) (Ger)	-0,73 (0,51) (Abs)

1ª valor = média / 2ª valor = desvio-padrão; Torn = tornozelo; Plant = plantar; Rot int = rotação interna; Rot ext = rotação externa; Ext = extensão; Fl = flexão; Abd = abdução; Ad = adução; Ger = geração; Abs = absorção; Sup = supinação; Pron = pronação.

Tabela 3
Valores dos picos das forças de reação do solo (% nm/kg) dos 44 indivíduos

	Vertical	Anterior	Posterior	Medial	Lateral
Média	1,26	0,17	0,20	0,06	0,03
Desvio-padrão	(0,35)	(0,06)	(0,06)	(0,03)	(0,02)

Tabela 4
Valor máximo e mínimo, média, desvio-padrão, coeficiente de variação e intervalo de confiança de 95% das variáveis temporoespaciais do membro inferior direito dos 44 indivíduos

MID	Máx	Mín	X	DP	CV	IC 95%
Velocidade (cm/s)	135,28	97,02	116,46	9,43	0,08	113,35-119,56
Comp. da passada (cm)	141,15	109,14	128,66	7,70	0,06	126,42-130,90
Comp. do passo (cm)	70,92	54,92	64,33	3,90	0,06	62,56-66,10
Cadência (passos/min)	119,92	88,69	108,26	6,47	0,06	106,42-110,10
Fase de apoio (%)	65,15	60,23	63,15	1,21	0,02	62,50-63,80
Fase de balanço (%)	39,77	34,85	36,85	1,21	0,03	36,20-37,50
Fase de duplo apoio (%)	14,60	11,21	13,25	0,95	0,07	12,74-13,77

MID = membro inferior direito; Máx = máximo; Mín = mínimo; X = média; DP = desvio-padrão; CV = coeficiente de variação; IC = intervalo de confiança; Comp. = comprimento.

pesquisou exclusivamente o padrão em determinadas faixas etárias, empregando metodologias diversas.

A velocidade média de caminhada registrada, em metros por segundo, foi de $1,16 \pm 0,09$, valores próximos aos observados por Öberg et al. (1993), e de $1,27 \pm 0,26$, em pesquisas desenvolvidas na

Suécia. Porém, uma velocidade de até $1,83 \pm 0,24$ foi descrita por Cairns et al. (1986), em Boston, Massachusetts. Ressalve-se, no entanto, que esses últimos autores estudaram a cinética e a cinemática da marcha, exclusivamente, de indivíduos corredores profissionais, nas suas velocidades habituais de caminhada e durante a

Tabela 5
Valor máximo e mínimo, média, desvio-padrão, coeficiente de variação e intervalo de confiança de 95% das variáveis temporoespaciais do membro inferior esquerdo dos 44 indivíduos

MIE	Máx	Mín	X	DP	CV	IC 95%
Velocidade (cm/s)	137,42	96,15	116,61	9,81	0,08	114,35-118,86
Comp. da passada (cm)	142,39	109,84	129,08	8	0,06	127,14-131,03
Comp. do passo (cm)	71,29	53,73	64,27	4,20	0,07	62,98-65,56
Cadência (passos/min)	121,64	89,17	108,11	6,62	0,06	106,17-110,06
Fase de apoio (%)	65,32	60,58	62,90	1,14	0,02	62,31-63,50
Fase de balanço (%)	39,42	34,68	37,10	1,14	0,03	36,50-37,69
Fase de duplo apoio (%)	15,91	10,90	13,28	1,10	0,08	12,72-13,85

MIE = membro inferior esquerdo; Máx = máximo; Mín = mínimo; X = média; DP = desvio-padrão; CV = coeficiente de variação; IC = intervalo de confiança; Comp. = comprimento.

Tabela 6
Probabilidades encontradas no teste *t-Student* para verificar a existência de diferenças significantes entre os resultados obtidos no MID e no MIE dos 44 indivíduos avaliados

Variáveis	p
Velocidade (cm/s)	0,94
Comp. da passada (cm)	0,80
Comp. do passo (cm)	0,95
Cadência (passos/min)	0,92
Fase de apoio (%)	0,33
Fase de balanço (%)	0,33
Fase de duplo apoio (%)	0,89

$p < 0,05$ significativa; p = probabilidade; Comp. = comprimento; MID = membro inferior direito; MIE = membro inferior esquerdo.

Tabela 7
Probabilidades encontradas na análise de variância para verificação de diferenças entre os grupos, nas variáveis temporoespaciais

Variáveis	Grupos	Média	Probabilidades
Velocidade	Grupo 1	114,98	0,337
	Grupo 2	115,00	
	Grupo 3	120,30	
Cadência	Grupo 1	110,74	0,244
	Grupo 2	108,04	
	Grupo 3	105,34	
Comp. da passada	Grupo 1	124,64	0,001 *
	Grupo 2	127,17	
	Grupo 3	136,46	
Comp. do passo	Grupo 1	62,73	0,009 *
	Grupo 2	63,56	
	Grupo 3	67,80	
Fase de apoio	Grupo 1	63,05	0,333
	Grupo 2	63,10	
	Grupo 3	63,76	
Fase de balanço	Grupo 1	36,95	0,333
	Grupo 2	36,90	
	Grupo 3	36,24	
Fase de duplo apoio	Grupo 1	13,13	0,516
	Grupo 2	13,22	
	Grupo 3	13,62	

* Diferença significativa entre os grupos $p < 0,05$.

Tabela 8
Probabilidades encontradas na análise de variância para verificação de diferenças entre os grupos, nas variáveis temporoespaciais

Variáveis	Grupos	Média	Probabilidades
Velocidade	Sedentários	113,73	0,316
	Ativ. moderada	115,48	
	Ativ. intensa	119,33	
Cadência	Sedentários	108,65	0,351
	Ativ. moderada	106,72	
	Ativ. intensa	109,96	
Comp. da passada	Sedentários	125,91	0,477
	Ativ. moderada	129,71	
	Ativ. intensa	128,98	
Comp. do passo	Sedentários	63,16	0,582
	Ativ. moderada	64,83	
	Ativ. intensa	64,39	
Fase de apoio	Sedentários	63,02	0,847
	Ativ. moderada	63,27	
	Ativ. intensa	63,07	
Fase de balanço	Sedentários	36,97	0,847
	Ativ. moderada	36,73	
	Ativ. intensa	36,93	
Fase de duplo apoio	Sedentários	13	0,686
	Ativ. moderada	13,33	
	Ativ. intensa	13,30	

* Diferença significante entre os grupos $p < 0,05$; Ativ. = atividade.

Tabela 9
Coefficientes de correlação de Pearson entre as variáveis antropométricas e as variáveis temporoespaciais do membro inferior direito

Variáveis	Coefficientes				
	Altura	Peso	CMI	Idade	T. ativ.
Velocidade (cm/s)	0,22	0,02	0,37*	-0,13	0,33*
Comp. passada (cm)	0,53*	0,17	0,58*	-0,34*	0,24
Cadência (passos/min)	-0,26	-0,16	-0,19	0,05	0,10
Fase de apoio (%)	0,3*	0,40*	0,19	-0,17	-0,22
Fase de balanço (%)	-0,31*	-0,40*	-0,19	0,17	0,22
Comp. passo (cm)	0,50*	0,13	0,59*	-0,32*	0,09
Duplo apoio (%)	0,05	0,38*	0,03	-0,06	-0,04

* Correlação significante $p < 0,05$; CMI = comprimento do membro inferior; T. ativ. = tipo de atividade; Comp. = comprimento.

corrida, o que talvez justifique essa discordância da maior parte dos estudos.

Registramos uma cadência de $128,7 \pm 7,7$ passos/min, valores que não são muito diferentes dos observados por Cairns et al. (1986), de $124,8 \pm 5,4$ passos/min. A variação encontrada na literatura, contudo, é ampla, com relatos de cadência de $111,6 \pm 8,3$ passos/min (Kadaba et al., 1989) e de $119,0 \pm 10$ passos/min (Kerrigan et al., 1998).

Obtivemos uma duração percentual das fases de apoio e de balanço de, respectivamente, $63,2\% \pm 1,21\%$ e $36,8\% \pm 1,21\%$ (relação balanço/apoio = 0,58). Como a velocidade que registramos foi menor que a descrita na literatura, a duração da fase de apoio na nossa casuística foi, conseqüentemente, maior que a descrita por Kadaba et al. (1990), de $61\% \pm 2,1\%$ (relação balanço/apoio 0,63).

Em relação aos picos angulares das articulações dos membros inferiores, obtivemos os valores de $22,5^\circ \pm 4,4^\circ$ para o tornozelo, $60^\circ \pm 4,9^\circ$ para o joelho e $42,3^\circ \pm 4,1^\circ$ para o quadril.

Esses valores são mais baixos que os descritos por Ostrosky et al. (1994) de, respectivamente, 4° , 69° e 36° e por Kerrigan et al. (1998), de $28,9^\circ$, $61,8^\circ$ e $45,8^\circ$, respectivamente.

Kadaba et al. (1990), em contrapartida, obtiveram resultados semelhantes aos nossos nos parâmetros cinéticos e cinemáticos, utilizando o sistema VICON para análise do movimento, sendo o mesmo semelhante ao sistema HIRES que empregamos, o que mostra que os aspectos metodológicos também devem ser levados em consideração na interpretação dos resultados.

Entretanto, é importante ressaltar que a relação angular dos segmentos corporais é

Tabela 10
Coefficientes de correlação de Pearson entre as variáveis antropométricas e as variáveis temporoespaciais do membro inferior esquerdo

Variáveis	Coefficientes				
	Altura	Peso	CMI	Idade	T. ativ.
Velocidade (cm/s)	0,18	0,03	0,30*	0,14	0,33*
Comp. passada (cm)	0,53*	0,17	0,59*	-0,32*	0,21
Cadência (passos/min)	-0,33*	-0,20	-0,27*	0,09	0,16
Fase de apoio (%)	0,07	0,32*	0,04	-0,11	-0,22
Fase de balanço (%)	-0,07	-0,32*	-0,04	0,11	0,22
Comp. passo (cm)	0,51*	0,19	0,53*	-0,35*	0,16
Duplo apoio (%)	0,11	0,35*	0,10	-0,05	-0,25

* Correlação significativa $p < 0,05$. CMI = comprimento do membro inferior; T. ativ. = tipo de atividade; Comp. = comprimento.

Tabela 11
Média e desvio-padrão do coeficiente de variação do membro inferior direito dos 44 indivíduos, nas variáveis temporoespaciais

Variáveis	X ± DP
Velocidade (cm/s)	0,03 ± 0,1
Comp. da passada (cm)	0,02 ± 0,1
Comp. do passo (cm)	0,03 ± 0,1
Cadência (passos/min)	0,02 ± 0,1
Fase de apoio (%)	0,01 ± 0,1
Fase de balanço (%)	0,02 ± 0,1
Fase de duplo Apoio (%)	0,06 ± 0,2

Comp. = comprimento; X = média; DP = desvio-padrão.

Tabela 12
Média e desvio-padrão do coeficiente de variação do membro inferior esquerdo dos 44 indivíduos, nas variáveis temporoespaciais

Variáveis	X ± DP
Velocidade (cm/s)	0,04 ± 0,01
Comp. da passada (cm)	0,02 ± 0,01
Comp. do passo (cm)	0,03 ± 0,01
Cadência (passos/min)	0,03 ± 0,01
Fase de apoio (%)	0,02 ± 0,01
Fase de balanço (%)	0,03 ± 0,01
Fase de duplo apoio (%)	0,06 ± 0,03

Comp. = comprimento; X = média; DP = desvio-padrão.

derivada de um cálculo baseado em um modelo da biomecânica das extremidades inferiores, traçado pelo computador. Essa técnica está sujeita a erros de estimativa do movimento angular, o que torna, na prática, a avaliação integral da morfologia da curva de deslocamento, no decorrer do ciclo, muito mais relevante que a simples análise dos picos angulares das articulações. Acrescenta-se que a marcha é um fenômeno dinâmico, sendo inadequado estudá-la considerando-se somente os picos angulares, que representam uma fração de segundo de um ciclo. Embora a tendência de analisar os picos angulares facilite a compreensão clínica, não podemos esquecer que a mesma está sujeita a erros, por não existir uma padronização segura, isenta de falha humana, na colocação adequada dos marcadores, visto que as estruturas anatômicas do aparelho locomotor não têm representação exata na superfície corporal.

Referências bibliográficas

1. **Biomechanics Platform Set, Instruction Manual.** Advanced Mechanical Technology, INC. Watertown, s.d.
2. CAIRNS, M.A.; BURDETT, R.G.; PISCIOTTA, J.C.; SIMON, S.R. – A biomechanical analysis of racewalking gait. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18(4): 446-53, 1986.
3. **EVA HIRES – Version 4.0, user's manual.** Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, Jul, 1997.
4. KADABA, M.P.; RAMAKRISHNAN, H.K.; WOOTTEN, M.E.; GAINEY, J.; GORTON, G.; COCHRAN, G.V.B. – Repeatability of kinematic, kinetic, and electromyographic data in normal adult gait. *J Orthop Res* 7(6): 849-60, 1989.
5. KADABA, M.P.; RAMAKRISHNAN, H.K.; WOOTTEN, M.E. – Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res* 8(3): 383-92, 1990.
6. KEMPTHORNE, O. – **The Design and Analysis of Experiments.** 3 ed. New York, John Wiley & sons, p., 495 1965.
7. KERRIGAN, D.C.; TODD, M.K.; DELLA CROCE, U.; LIPSITZ, L.A.; COLLINS, J.J. – Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: evidence for specific limiting impairments. *Arch Phys Med Rehabil* 79: 317-22, 1998.
8. MONTGOMERY, T.C. – **Design and Analysis of Experiments.** New York, John Wiley & sons, p., 418 1991.
9. MURRAY, M.P. – Gait is a total pattern of movement. *Am J Phys Med* 46(1): 290-333, 1967.
10. **Myosystem 2000, installation and technical manual.** Noraxon USA, INC. Scottsdale, s.d.
11. ÖBERG, T.; KARSZNIA, A.; ÖBERG, K. – Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J Rehabil Res Develop* 30(2): 210-23, 1993.
12. **Orthotrak II, reference manual.** Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, 1993.
13. OSTROSKY, K.; VANSWEARINGEN, J.M.; BURDETT, R.G.; GEE, Z. – A comparison of gait characteristics in young and old subjects. *Phys Ther* 74(7): 637-46, 1994.
14. SUTHERLAND, D.H.; OLSHEN R.A.; BIDEN E.N.; WYATT, M.P. – **The development of mature walking.** London: Mac Keith Press, pp. 3-23, 65-151, 1988.